علم المواد

المعالجات الحرارية لسبائك الصلب الكربوني

المعالجات الحرارية لسبائك الصلب الكربوني

6

المعالجات الحرارية لسبائك الصلب الكربوني

الجدارة: التعرف على المفاهيم والتعريفات الخاصة بالمعالجات الحرارية للصلب الكربوني.

الأهداف:

عندما يكتمل هذا الفصل يكون الطالب قادراً على:

- معرفة المفاهيم الأساسية للمعالجات الحرارية.
- معرفة أنواع المعالجات الحرارية للصلب الكربوني.

مستوى الأداء المطلوب: يجب أن يصل الطالب إلى إتقان هذه الجدارة بنسبة 90%.

الوقت المتوقع للتدريب: 4 ساعات.

1- مقدمة عامة

إن مصطلح المعالجات الحرارية (Heat Treatments) للفلزات والسبائك هي عمليات تسخين وتبريد لهذه الفلزات والسبائك وهي في حالتها الجامدة بطريقة محددة، الغرض منها تحسين بعض من خواصها. تعالج على سبيل المثال الأجزاء النصف مصنعه (كالمسبوكات والخامات التي تستعمل لتجهيز قطع العمل) معالجة حرارية لخفض صلادتها وتحسين قابليتها للتشغيل، كما تعالج الأجزاء تامة التصنيع والآلات لمنحها الخواص النهائية المطلوبة. كما يمكن تغيير كثير من خواص السبائك بواسطة المعالجات الحرارية في حدود واسعة. على سبيل المثال، يمكن رفع صلادة الصلب الابتدائية بواسطة عملية التصليد، كما يمكن بواسطة المعالجات الحرارية المناسبة زيادة مقدار الاستطالة النسبية ومقاومة الصدمات ومقاومة الشد إلى حد كبير.

إن الخصائص الهندسية الظاهرة للمواد تتبع بنية المادة الداخلية، ولما كانت سرعات التسخين والتبريد من المؤثرات التي تغير البنية الداخلية للمواد، يمكن التسليم بأن خصائص المادة تتغير بفعل المعالجات الحرارية. نقصد بالمعالجات الحرارية تعرض السبيكة لدورات محدودة ومحكومة بدقة من عمليات التسخين والتبريد. ليس المقصود هنا رفع درجة الحرارة فقط، وإنما يدخل في الاعتبار أيضاً سرعات التسخين والتبريد وكذلك الفترة الزمنية التي ينبغي أن تبقي فيها العينة تحت درجة حرارة معينة. سوف نتطرق في هذه الوحدة إلى المعالجات الحرارية التي تجري على الصلب الكربوني، والمقصود به سبائك الحديد والكربون، نسبة الكربون فيها في حدود 1.4% كما هو مبين في الشكل (1.6). ونتيجة لعمليات المعالجات الحرارية هذه، يمكن تحسين الكثير من الخواص الميكانيكية للسبائك، منها:

- زيادة الصلادة.
- زيادة المطيلية والمتانة.
- زيادة قابلية المعدن لعمليات التشكيل والتشغيل.
- إزالة الاجهادات الداخلية الناتجة عن عمليات التشغيل.
- إزالة تأثيرات عمليات التشكيل على البارد.

هناك عدة أنواع من المعالجات الحرارية الشائعة الاستعمال، لكل منها خصائصها والأهداف المرجوة منها و هي:

أ- عملية التخمير (Annealing)

ب- عملية المعادلة (Normalizing)

ج- عملية التصليد (Hardening)

د- عملية المراجعة (Tempering)

درجة الحرارة (درجة مئوية)

النسبة المئوية بالوزن للكربون (%C)

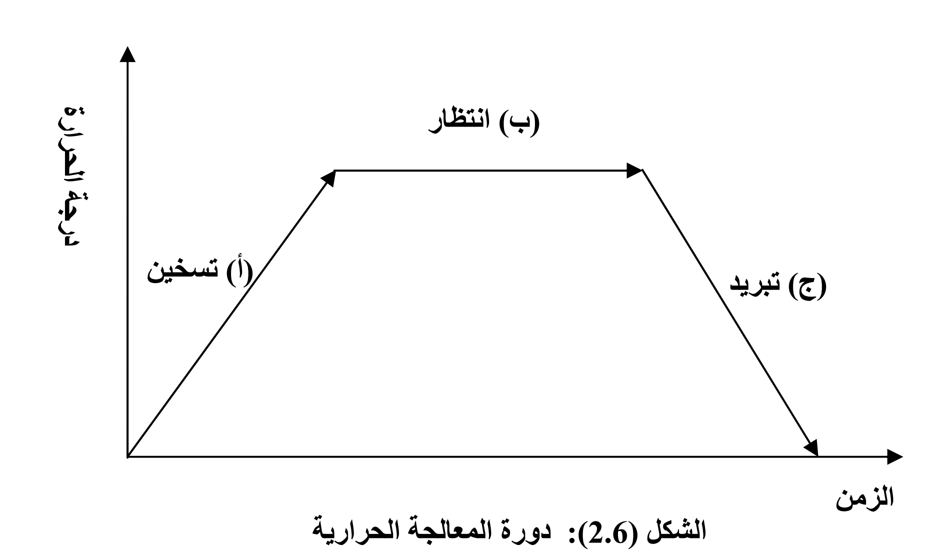
الخط A_1 : يسمى درجة الحرارة الحرجة السفلي ويسمى كذلك درجة حرارة التحول السفلي

الخط A_3 والخط A_{Cm} : يسمى درجات الحرارة الحرجة العليا

النسبة المئوية للكربون (% C)

الشكل (1.6): الجزء من مخطط الاتزان الحراري للحديد والكربون الخاص بالمعالجات الحرارية

عمليا، دورات تجارب المعالجة الحرارية تجري بصفة عامة في ثلاث خطوات رئيسية كما هو موضح في الشكل (2.6) و هي:



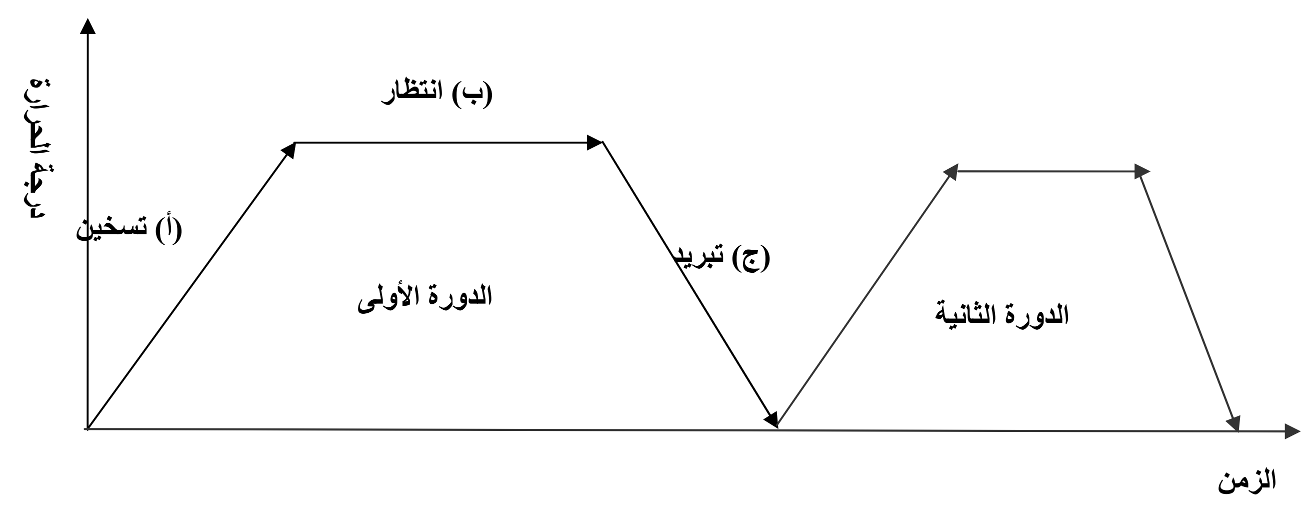
الشكل (2.6): دورة المعالجة الحرارية

أ- تسخين عينة الاختبار بمعدل محدد إلى درجة حرارة معينة (حسب نوع عملية المعالجة).

ب- الاحتفاظ بالعينة عند درجة الحرارة هذه (يعرف باسم التشريب الحراري) لفترة من الزمن حسب أبعاد العينة والهدف التأكد من وصول درجة الحرارة إلى جميع أجزاء العينة.

ج- تبريد العينة ويعتمد على نوع العملية، ويكون في أحد الأوساط التالية: هواء خارجي، ماء، زيت، محلول ملحي، أو التبريد داخل الفرن.

في المعالجات الحرارية الصناعية الكبرى، يمكن أن تتكرر المراحل الثلاثة السالفة الذكر عدة مرات، بمعنى أن تتكون المعالجة من أكثر من دورة كما هو موضح في الشكل (3.6).



الشكل (3.6): المعالجة الحرارية في دورتين

2- عملية التخمير

1-2 الغاية من عملية التخمير

هي معالجة حرارية الغاية منها الزيادة في خاصية اللدونة (قابلية المعدن للتشكيل) وكذلك خفض الصلادة، لأن الصلادة العالية تكون مصاحبة لهشاشة كبيرة. بالنسبة للصلب الكربوني، تتم عملية التخمير برفع درجة حرارة العينة إلى درجة معينة تعتمد على نسبة الكربون في العينة، يتم بعدها الاحتفاظ بها عند درجة الحرارة هذه لفترة من الزمن تعتمد على أبعاد العينة وأخيراً يتم تبريد العينة تبريداً بطيئاً. هناك عدة أنواع من التخمير تختلف باختلاف الغاية المرجوة منها، وتتوقف نتائج عمليات التخمير على درجة حرارة التسخين والزمن، وهذه الأنواع هي:

2-2 التخمير الشامل (Full Annealing)

الهدف الرئيسي لعملية التخمير الشامل هو إكساب العينة لدونة (قابلية للتشكيل) وكذلك الحصول على حبيبات دقيقة والتخلص من كل الإجهادات الداخلية وبالتالي التجانس التام في البنية الداخلية للعينة. في هذا النوع من التخمير يتم تحويل الصلب من طور إلى طور آخر. بالنسبة للصلب الفقير والمتوسط في نسبة الكربون (الأقل من اليوتكتويدي) ترفع درجة الحرارة بمقدار 50 دم فوق الخط A3 كما هو موضح في الشكل (1.6)، ثم يحتفظ بالعينة عند هذه الدرجة فترة من الزمن تتوقف على أبعاد العينة و وأخيراً تترك لتبرد ببطء داخل الفرن. بالنسبة للصلب فوق اليوتكتويدي، نكتفي بالتسخين إلى درجة حرارة 50 دم فوق الخط A1، كما هو موضح في الشكل (1.6) أي حوالي780 د م، ثم يتم التبريد داخل الفرن.

3-2 تخمير التكوير (Spheroidizing)

يتركب الصلب دون اليوتكتويدي من خليط من البرليت والسيمنتيت، وهو بصورته المذكورة صعب التشغيل بالآلات. ولما كان الوجه السيمنتي صلد وقصف ولا يمكن قطعه بسهولة، لذا يلزم تكسير صفائح السيمنتيت لتسهيل عملية التشغيل بالآلات. يطلق على المعالجة التي يتم من خلالها التخلص من ألواح السيمنتيت اسم تخمير أو تلدين التكوير، وينتج عن المعالجة المذكورة تحويل صفائح السيمنتيت لتصبح على صورة كريات. درجات حرارة تخمير التكوير موضحة في الشكل (1.6).

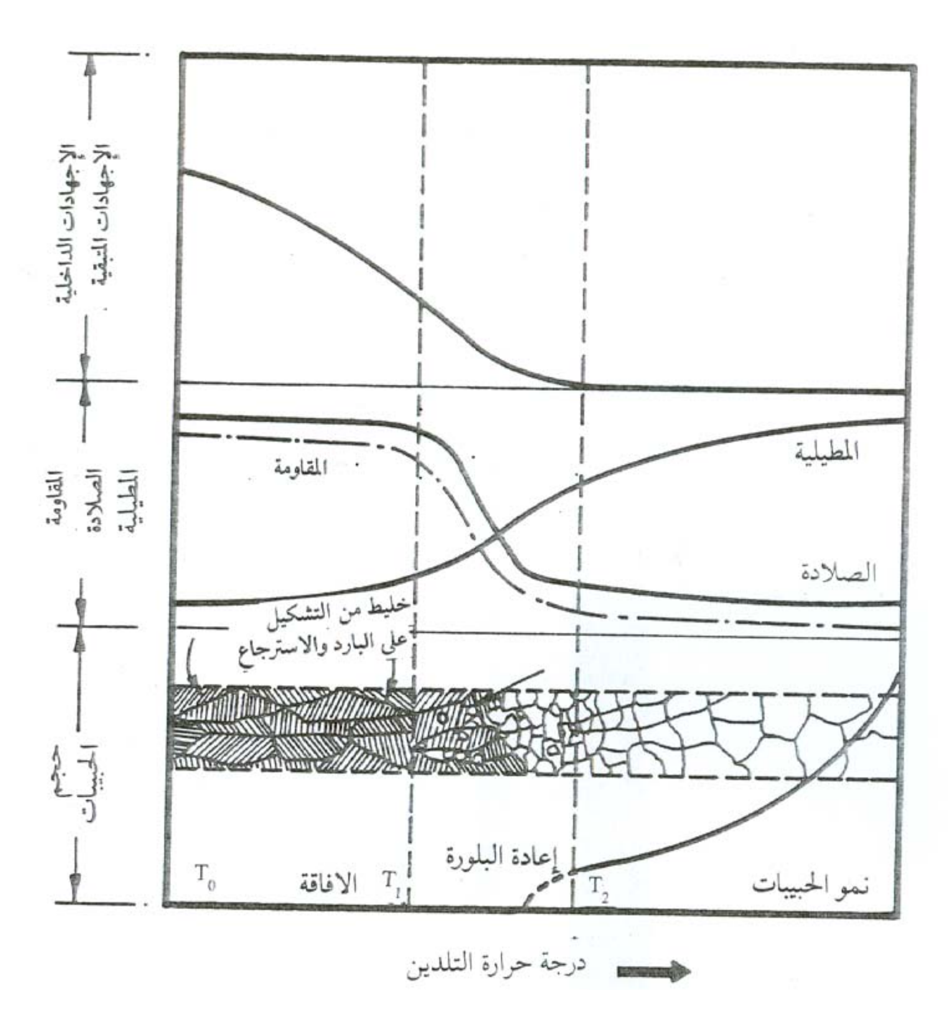
4-2 التخمير تحت الحرج (Stress-relief Annealing)

يسمى كذلك تلدين التشكيل. يجرى عادة على أسلاك وصفائح الصلب ذات نسبة الكربون المنخفضة بعد عمليات التشكيل على البارد، والهدف من هذا التلدين تليين مشغولات الصلب، وعندئذ يسهل الاستمرار في عمليات التشكيل. تتم عملية التخمير تحت الحرج بتسخين الصلب إلى درجة حرارة بين 500 و 700 دم. عموماً يمكن تلخيص فوائد معالجة التخمير في النقاط التالية:

- تحسين اللدونة (قابلية الصلب للتشكيل).

- إزالة الإجهادات الداخلية الناتجة عن عمليات التشكيل على البارد و كذلك عمليات التشغيل.
- تحسين خواص تشغيل الصلب.
- تحسين حجم و أبعاد الحبيبات.

يوضح الشكل (4.6) أنه عند درجة الحرارة (T_0) تكون مستويات الانزلاق الموضحة في البلورات معدومة (لدونة قليلة جداً) وعند درجة الحرارة (T_1) يبدأ عدد قليل من البلورات في الظهور، ويصاحب ذلك تخلص المادة من جزء من الإجهادات الداخلية، ينتج عنه زيادة في مقاومة الشد وإجهاد الخضوع، وبزيادة درجة الحرارة تتكون أعداد أكبر من الحبيبات وتنخفض بسرعة كل من الصلادة مع زيادة سريعة للمطيلية.



الشكل (4.6): تأثير درجة التخمير على حجم الحبيبات وعلى بعض الخواص الميكانيكية

3- عملية المعادلة

تجرى عملية المعادلة بقصد الوصول إلى التجانس في بنية الفلز أو السبيكة. ذلك أن تبريد السبائك يصاحبه في الغالب تواجد بنية شجرية تتباين في تركيزها عند مقاطع مختلفة من البنية، ينتج عنه البنية ذات القلب الغير المتجانس. كذلك عندما يشكل الصلب على البارد بعمليات كالدرفلة مثلاً، فإن الحبيبات تتعرض لاختلاف في أشكالها وأحجامها وتصبح مستطيلة مشوهة. في هذه الحالات تجرى لها عملية معادلة والغرض منها تصغير حجم الحبيبات وإعادة انتظام أشكالها.

تتم عملية المعادلة بتسخين العينة إلى درجة حرارة فوق درجات الحرارة الحرجة العليا (فوق الخط A3 أو الخط Acm) حسب نسبة الكربون كما هو موضح في الشكل (1.6)، نحتفظ بالعينة عند درجة الحرارة هذه مدة من الزمن حسب أبعاد العينة ثم يتم تبريد العينة تبريداً بطيئاً في الهواء (خارج الفرن). يمكن تلخيص فوائد عملية المعادلة كما يلي:

أ - الحصول على صلب أقوى وأصلد من نتائج عملية التخمير.

ب - قابلية تشغيل الصلب.

ج - تحسين حجم وأبعاد الحبيبات.

د - الحصول على لدونة جيدة، دون الإضرار بصلادة ومقاومة العينة.

4- عملية التصليد

عملية التصليد وتسمى كذلك عملية التقسية هي معالجة حرارية القصد منها زيادة صلادة العينة. بالنسبة للصلب، يتم ذلك برفع درجة حرارة العينة حسب نسبة الكربون الموجودة فيها كما هو موضح في الشكل (1.6) حيث المساحة المضللة الخاصة بدرجات حرارة التصليد.

إذا كان تركيب الصلب تحت اليوتيكتويدي، يسخن فوق درجة الحرارة العليا (الخط A3)، أما إذا كان تركيب الصلب فوق اليوتيكتويدي، فيتم تسخينه فوق الدرجة الحرجة السفلى (الخط A1). في كلتا الحالتين تتحول بنية الصلب إلى أوستنيت، يتبعه تبريد سريع في الماء أو الزيت. يتحول على إثرها الأوستنيت إلى بنية جديدة تسمى المارتنزيت (Martensite) وهو عبارة عن صلب ذي صلادة عالية جداً. يمكن استخدامه لتصنيع القطع المقاومة للبري. مظهرها المجهري أي المارتنزت عبارة عن شكل إبري حيث تظهر باللون الأسود أما اللون الأبيض فهي الأوستنيت التي لم تتحول إلى مارتنزيت أثناء عملية التبريد كما هو موضح في الشكل (5.6).



الشكل (5.6): طور المارتنزيت (1200 X)

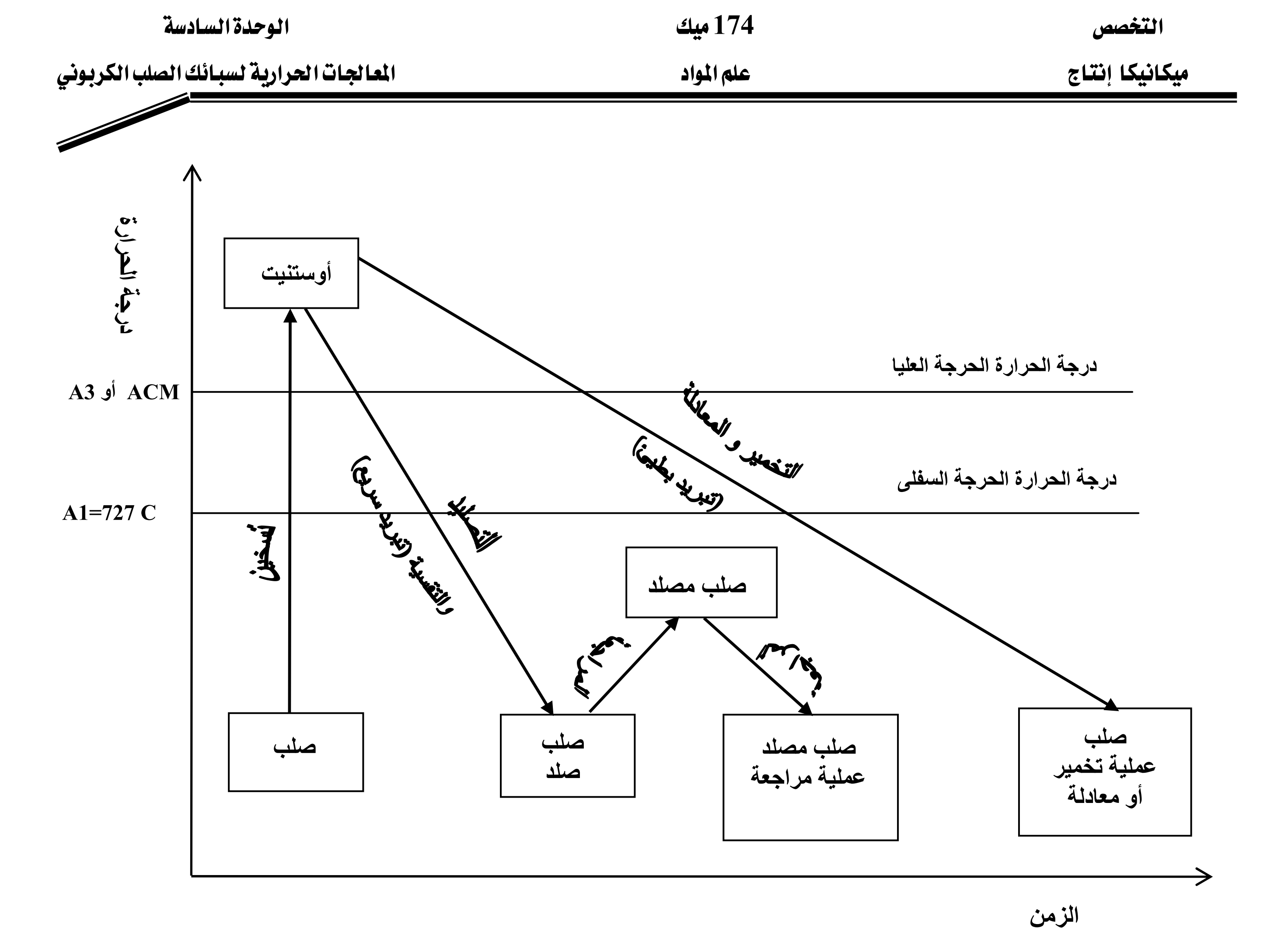
5- عملية المراجعة

تسمى كذلك عملية التطبيع. هي عملية تجري بصفة عامة على المشغولات التي سبق تصليدها. يتم ذلك بالتسخين إلى درجة حرارة دون درجة حرارة التحول السفلي وذلك بقصد لإزالة أو التخلص من معظم الإجهادات الداخلية الناتجة من التحول إلى طور المارتنزيت كما ذكرنا في عملية التصليد. كذلك تهدف عملية المراجعة إلى إزالة الإجهادات الحرارية الناتجة عن تأثير اختلاف معدل التبريد على السطح عنه عن قلب العينة، ونتيجة لذلك تزداد اللدونة نسبياً وكذلك المتانة دون أن تتأثر الصلادة ومقاومة الإجهادات كثيراً.

الجدول (1.6) يلخص لنا النقاط المهمة لكل معالجة من المعالجات الحرارية التي تم التطرق إليها، والشكل (6.6) يلخص لنا مسارات عمليات المعالجات الحرارية التي تجري على حديد الصلب.

نوع المعالجة	طريقة التبريد	الاستعمالات
التخمير	بطيء داخل الفرن	- رفع اللدونة - إزالة الإجهادات - تحسين شكل الحبيبات
المعادلة	خارج الفرن (الهواء)	- رفع اللدونة - رفع الصلادة - رفع قابلية التشغيل
التصليد	سريع ومفاجئ باستخدام الماء أو الزيت	رفع الصلادة إلى أقصى درجة
المراجعة	تسخين من 200-700 دم، ثم تبريد بطيء وتستخدم بعد التصليد	- إزالة الإجهادات الداخلية - رفع المتانة - خفض القصافة

الجدول (1.6): عمليات المعالجات الحرارية وأهم استعمالاتها



الشكل (6.6): رسم بياني يوضح مسارات المعالجات الحرارية لحديد الصلب

أسئلة تحريرية

السؤال الأول

ضع علامة (نعم) أمام الإجابة الصحيحة و علامة (لا) أمام الإجابة الخاطئة:

1- خصائص المواد الهندسية تتبع البنية الداخلية للمواد المكونة لها ( )
2- المعالجات الحرارية تعني رفع درجة حرارة المشغولات فقط ( )
3- الأهداف الرئيسية للمعالجات الحرارية تغيير بعض من خواص المواد ( )
4- من أهداف عمليات تخمير الصلب زيادة لدونته ( )
5- عميلة التخمير تحت الحرج تجري عند درجات الحرارة الحرجة العليا ( )
6- من أهداف عملية المعادلة تحسين صورة الحبيبات المشوهة ( )
7- الغرض من عملية تصليد الصلب هو التقليل من صلادته ( )
8- التبريد في عملية التصليد يكون بطيئاً ( )
9- تجري عملية المراجعة على المشغولات التي تم تصليدها ( )
10- في عملية التصليد يتحول جزء كبير من الأوستنيت إلى مارتنزيت ( )

السؤال الثاني

اختر الإجابة الصحيحة لكل مايلي:

1- المقصود بالمعادلة هو:
أ- تسخين الصلب ثم تبريده داخل الفرن
ب- تسخين الصلب ثم تبريده في الهواء
ج- تسخين الصلب ثم تبريده بالماء

2- بعد عملية التصليد يظهر طور جديد يسمى:

أ- البيرليت

ب- المارتنزيت

ج- الأستنيت

3- الهدف من عملية التخمير هو:

أ- رفع اللدونة

ب- خفض اللدونة

ج- رفع الصلادة

4- تجرى عملية المراجعة بعد عملية:

أ- التخمير

ب- التصليد

ج- المعادلة

5- التسخين في المعالجات الحرارية يعتمد على:

أ- أبعاد العينة

ب- نسبة الكربون في العينة

ج - وزن العينة

6- زمن الإبقاء في المعالجات الحرارية يعتمد على:

أ- أبعاد العينة

ب- نسبة الكربون في العينة

ج- نوع المصدر الحراري

7- التبريد أثناء عملية التصليد يكون:

أ- سريعاً في الماء أو الزيت

ب- داخل الفرن

ج- في الهواء الطلق

8- درجات حرارة التسخين في التخمير الشامل هي:

أ- أقل من درجات حرارة التسخين في التخمير تحت الحرج

ب- أكبر من درجات حرارة التسخين في التخمير تحت الحرج

ج- مساوية لدرجات حرارة التسخين في التخمير تحت الحرج

9- من عيوب عملية تصليد الصلب:

أ- زيادة الصلادة

ب- زيادة القصافة

د- زيادة الإستطالة

10- تسخين الصلب فوق درجات الحرارة الحرجة العليا ثم تبريده في الهواء يسمى:

أ- تخمير شامل

ب- مراجعة

ج- معادلة

السؤال الثالث

أجري على حديد صلب نسبة الكربون فيه تساوي 6% عملية تشكيل على البارد، فأصبحت حبيباته مشوهة وغير متجانسة مما أعطت له خواص ميكانيكية غير مرغوب فيها. إذا أردنا الحصول على:

أ- قابلية لتشغيل الصلب.

ب- لدونة جيدة.

ج- تحسين حجم و أبعاد الحبيبات.

لهذا الصلب دون الإضرار بصلادته ومقاومته:

1- ماهي المعالجات الحرارية اللازمة لذلك ؟

2- ماهي الخطوات العملية مع تحديد درجة حرارة التسخين وطريقة التبريد ؟

السؤال الرابع

حديد صلب نسبة الكربون فيه 1.2% ويتمتع بخاصية لدونة جيدة وقابلية للتشغيل مرتفعة، نود تحسين خاصية صلادته:

1- ماهي المعالجات الحرارية المناسبة؟
2- ماهي الخطوات العملية، مع تحديد درجة حرارة التسخين وطريقة التبريد؟
3- ماهو الطور الجديد الذي يتكون إثر هذه المعالجة، وماهي بنيته المجهرية؟